Section: PC
Module: P1↑1
T D: Electronique

Serie N° 2

Exercice N°1: Calcul de la concentration des porteurs de charges dans un SC

Sachant que $f_n = 1/(1+e^{(E-E_F)/kT})$ la probabilité qu'un niveau E soit occupé par un électron et $g_n = (4\pi/h^3)(2m_n)^{3/2}\sqrt{E-E_c}$ la densité d'état électronique (nombre de places disponibles dans un état ou un niveau énergétique susceptible d'être occupé par un électron).
m_n: masse de l'électron, h: constante de Plank, T: la température absolue et E_c: L'énergie du bas de la bande de conduction.

1) Calculer la concentration n (E) définie par: $n(E)=\int_{\text{niveaux B.C.}} f_n(E)\, g_n(E)\, dE$
On pourra utiliser l'approximation $e^{(E-E_F)/kT} >> 1$
Rq: $\int \sqrt{x}\, e^{-x}\, dx = \sqrt{\pi}/2$

2) De même calculer la concentration p(E) des trous dans la bande de valence (

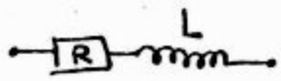
3) En déduire le produit $n.p = n_i$ pour un SC Intrinsèque.

Exercice N°2: Calcul de la position du niveau de Fermi

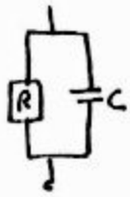
En utilisant l'équation de neutralité des charges dans un SC, calculer la position du niveau de Fermi dans les cas suivants:

a) Le SC est Intrinsèque (pur)
b) Le SC est Extrinsèque:
- De type N
- De type P

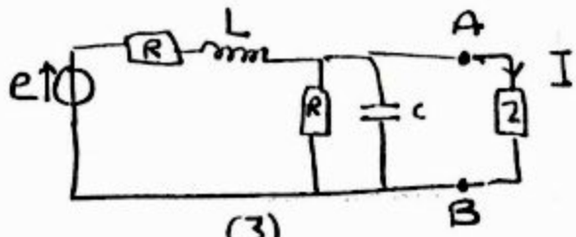
EX3 a) La figure 1 représente un dipôle (R, L) série. Exprimez son impédance complexe $\underline{Z}_s$ à la pulsation ω.



(1)



(2)



(3)

b) La figure 2 représente un dipôle (R, C) parallèle. Exprimez son admittance complexe $\underline{Y}_p$ à la pulsation ω.

c) La figure 3 représente un pont diviseur constitué par les 2 dipôles précédents, soumis une f.é.m. sinusoïdale e(t), et chargé entre les bornes A et B par une impédance $\underline{Z}$. Exprimer en fonction de $\underline{E}$, $\underline{Z}_s$ et $\underline{Y}_p$:

1) – L'amplitude complexe de la d.d.p. à vide $\underline{U}_0$
2) – L'amplitude complexe du courant cour-circuit $\underline{I}_{cc}$
d) Déterminer la fonction de transfert H.

e) pour $Z \to \infty$ → circuit ouvert
$Z \to 0$ → " Conducteur

ETUSUP .com

Univesité abdelmaliK Essaadi
FST Tanger

MIPC- Module P111
- Gr I-2 et I-4

Ex 1

Dans Une jonction PN La diffusion est-elle essentiellement un mouvement des :

1) électrons de N vers P
2) trous de P vers N
3) électrons de P vers N
4) trous de N vers P

Un SC possède combien d type de flux de porteurs

1) 1
2) 2
3) 3
4) 4

Si un SCI possède autant d'e libres n que de trous p à 25°c. A 75°C on a le nombre de :

1) n>p
2) n<p
3) n=p
4) n≠p

A 0°K un SCI possède

1) Un peu d'e
2) beaucoup d'e libres
3) beaucoup d'e
4) ni trou ni e

Quelle est la cause de la zone de transition

1) dopage
2) recombinaison
3) barrière de potentiel
4) diffusion

la zone de transition est elle dépourvue des charges

1) mobiles
2) fixes
3) négatives
4) positives

La recombinaison conduit à

1) une formation d'une liaison covalente
2) création d'un ion positif
3) disparition d'un e et un trou
4) création d'un ion négaitif

Un SCE de type N est dopé par

1) donneurs
2) accepteurs
3) Trivalents
4) Pentavalents

Le courant de saturation est créé par

1) une polarisation inverse
2) une polarisation directe
3) sans polarisation
4) polarisation avec une tension alternative

ETUSUP .com

* Série 2

Ex3

figure 1:

$Z_s = R + Z_L$

$= R + jL\omega$

$Z_s = R + jL\omega \Rightarrow Z_L = R + jL\omega$

figure 2:

$Y_p = \frac{1}{Z_p} = \frac{1}{R} + jC\omega$

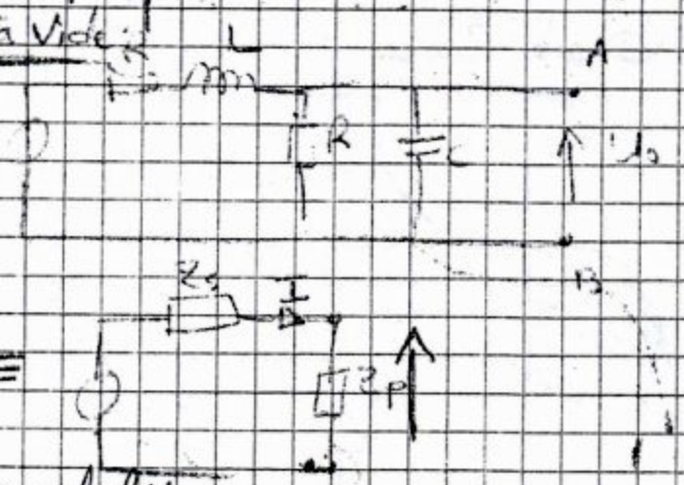
$Z_p = \frac{1}{1/R + jC\omega} = \frac{1/R}{1/R^2 + (C\omega)^2} + j\frac{C\omega}{1/R^2 + (C\omega)^2}$

figure 3

$$\begin{cases} E = E_m \cos(\omega t \\ Z_s = R + jL\omega \\ Y_p = \frac{1}{R} + jC\omega \end{cases}$$

L'amplitude complexe de la ddp à vide U_0:

à vide:



On calcul U_0:

$U_0 = Z_p \cdot I = \left(\frac{1}{R} + jC\omega\right)^{-1} I$

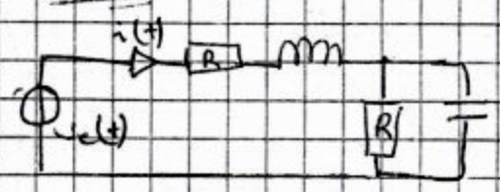
$= \left[\frac{1/R}{1/R^2 + (C\omega)^2} - j\frac{C\omega}{1/R^2 + (C\omega)^2}\right] \cdot I$

② L'amplitude complexe du courant court-circuit I_{cc}:

I_{cc} Donc $U_0 \to E$

d'où $I_{cc} = \frac{E}{Z_s} = \frac{E}{R + jL\omega}$

question



$V_e = E_m \cos \omega t$

$i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi)$ I_m?? φ??

$Z_e = Z_s + Z_p = R + jL\omega + \frac{1/R}{1/R^2 + (C\omega)^2} - \frac{jC\omega}{1/R^2 + (C\omega)^2}$

$= a + jb$

$a = R + \frac{1/R}{1/R^2 + (C\omega)^2}$, $b = L\omega - \frac{C\omega}{1/R^2 + (C\omega)^2}$

$\overline{V_e} = Z_{eq}\, \overline{i}$

$$\begin{cases} |\overline{V_e}| = |Z_{eq}| \cdot |\overline{i}| \\ \text{Arg } \overline{V_e} = \text{Arg } Z_{eq} + \text{Arg } \overline{i} \end{cases}$$

$\Rightarrow E_m = \sqrt{a^2 + b^2} \times I_m$

$\Rightarrow \boxed{I_m = \frac{E_m}{\sqrt{a^2 + b^2}}}$

$\omega t = \text{Arctg}\frac{b}{a} + (\omega t + \varphi)$

$\Rightarrow \boxed{\varphi = -\text{Arctg}\frac{b}{a}}$

$V_e = (Z_s + Z_p) I$

ETUSUP .com

~~Ex~~

$n(E) = \int_{E_c}^{\infty} f(E)\, g(E)\, dE$

$g(E) = K\sqrt{E - E_c}$

$f(E) = \frac{1}{1 + e^{(E-E_F)/kT}} \simeq e^{-(E-E_F)/kT}$

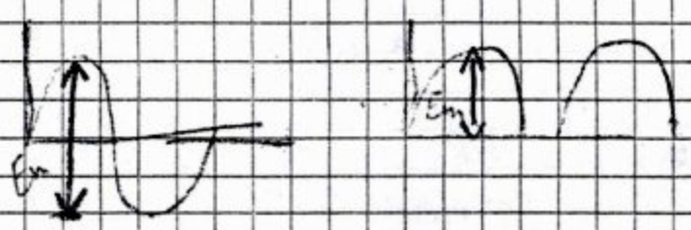
eq^t de neutralité :

$N_D + p = N_A + n$

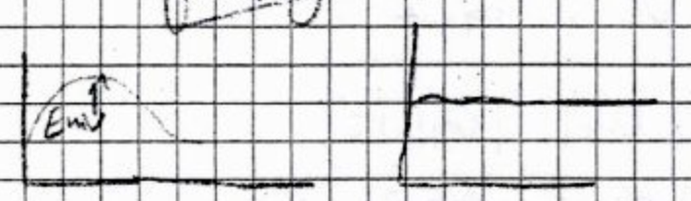
↑ abs de charges

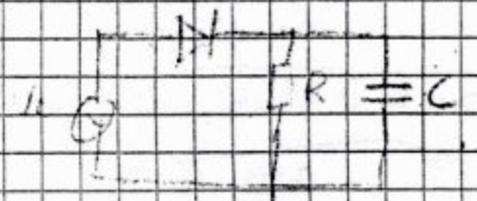
filtrage

* Régulat$^{\circ}$ d'1 tension redressée



filtrage





• 1ère Cas : $R \to \infty$ CO

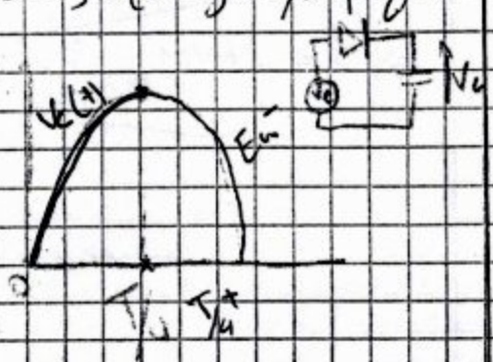
ct initial à $t=0 \to V(t=0) = 0$, D parfaite

$t = T/4 \to V_c = E_m$

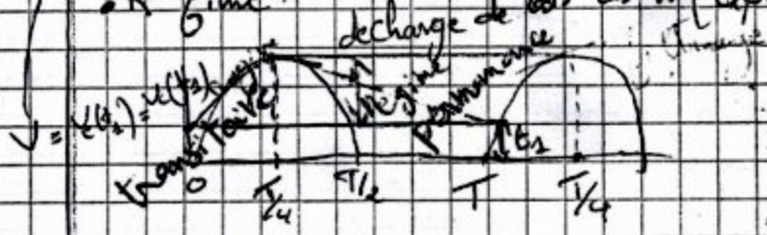
$t = T/4^+ \to V_c = E_m^-$

$V_c = E_m$

donc $V_c > V_e$



• R finie :



• $0 < t < T/4$ V_e est ↑

$V_e > V_c \Rightarrow$ D conduit

$\Rightarrow$ Condensateur se charge

• $t = T/4^+$ $V_e = E^-$ et $V_c = E_m$

$\Rightarrow V_c > V_e \Rightarrow$ D bloque $\to$ CO

$\Rightarrow$ C se décharge ds R.

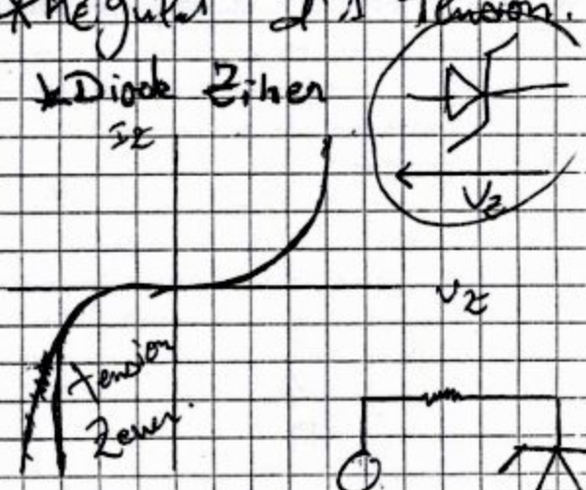
• à t_1^+ $V_e = V^+$, $V_c = V^-$ $\Rightarrow$

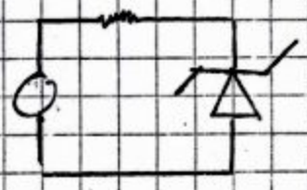
$\Rightarrow V_e > V_c \Rightarrow$ D cdt $\Rightarrow$

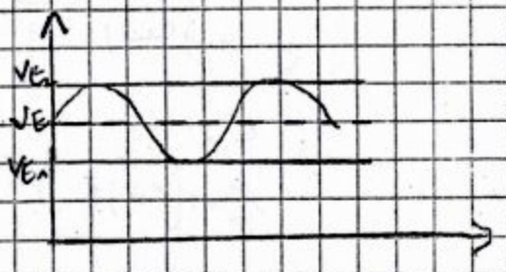
$\Rightarrow$ Cds se charge.

* Régulat$^{\circ}$ d'1 tension.

* Diode Zener







ETUSUP .com

RC

$$\left.\begin{aligned} V_e &= Ri + V_c(t) \\ i &= \frac{dq}{dt} = C\frac{dV_c}{dt} \end{aligned}\right\}$$

$$\Rightarrow V_e = RC\frac{dV_c(t)}{dt} + V_c(t)$$

$[0,t_1]$ $\rightarrow V_e = 0 \Rightarrow RC\frac{dV_c}{dt} + V_c(t) = 0$

$t > t_1$ $\rightarrow V_e = E \Rightarrow RC\frac{dV_c}{dt} + V_c(t) = E$

slt:

$\rightarrow V_c(t) = Ae^{-t/RC}$ I

$\rightarrow V_c(t) = B(1 - e^{-t/RC})$ II

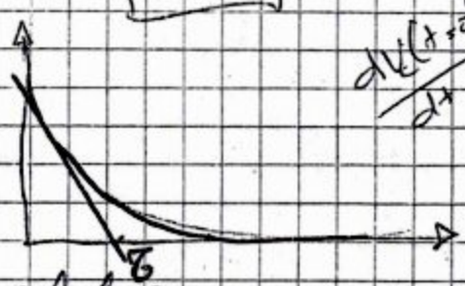
Cdt initiale $V_c(t=0) = E$

I)

$V_c(t=0) = E = Ae^{-0/RC} = A$

donc $\boxed{A = E}$

$\frac{dV_c(t=0)}{dt} = \frac{-E}{RC}$

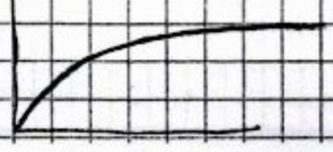


pour calculer B:

$V_{c_I}(t_1) = V_{c_{II}}(t_1)$

$Ee^{-t/RC} = B(1 - e^{-t_1/RC})$

$$\boxed{B = \frac{E}{-1 + e^{t_1/RC}}}$$ II



eqt de la droite

$y(t) = a_0 t + b_0$

$= -\frac{Et}{RC} + b_0$, $\boxed{b_0 = E}$

donc

$$\boxed{y(t) = -\frac{Et}{RC} + E}$$

$-\frac{E}{RC}\tau + E = 0 \Rightarrow \boxed{\tau = RC}$

Ex 1

$n(E) = \frac{4\pi}{h^3}(2m_n)^{3/2}\int e^{-(E-E_F)/kT}\sqrt{E-E_c}$

On pose $\frac{4\pi}{h^3}(2m_n)^{3/2} = M$.

$\Rightarrow n(E) = M\int e^{-E/kT} e^{E_F/kT}\sqrt{E-E_c}\, dE$

$= Me^{E_F/kT}\int e^{-E+E_c-E_c/kT}\sqrt{E-E_c}\, dE$

$= Me^{(E_F-E_c)/kT}\int e^{-(E-E_c)/kT}\sqrt{E-E_c}\, dE$

$= Me^{(E_F-E_c)/kT}\sqrt{kT}\int e^{-(E-E_c)/kT}\sqrt{\frac{E-E_c}{kT}}$

On pose $\frac{(E-E_c)}{kT} = dx$

or $dE = \frac{1}{kT}dx$

$\int_0^{+\infty} e^{-x}\sqrt{x}\,dx =$

Donc

$n(E) = Me^{(E_F-E_c)/kT}\cdot\sqrt{kT}\int\sqrt{xe^x}\,dx$

$= \frac{\sqrt{kT}M}{\sqrt{kT}}e^{(E_F-E_c)/kT}\int\sqrt{xe^x}\,dx$

$n(E) = \frac{(kTm_n)^{3/2}}{h^3\sqrt{kT}}e^{(E_F-E_c)/kT}$

ETUSUP .com

$\Rightarrow$ ① $n_i(E) = N_c\, e^{(E_F - E_c)/kT}$

N_c : concentration effective ds B.C

$p(E) = \int g_p(E) \cdot f_p(E) \cdot dE$

avec $f_p(E) + f_n(E) = 1 \Rightarrow f_n = \frac{1}{1+e}$

$f_p(E) = 1 - \frac{1}{e^{(E-E_F)/kT}}$

$= \frac{e^{(E-E_F)/kT}}{1 + e^{(E-E_F)/kT}} = \frac{1}{1+e^{(E_F-E)/kT}}$

approximat° : $e^{(E_F-E)/kT} \gg 1$

$\Rightarrow f_p(E) = e^{(E-E_F)/kT}$

② $p(E) = N_v\, e^{(E_v - E_F)/kT}$

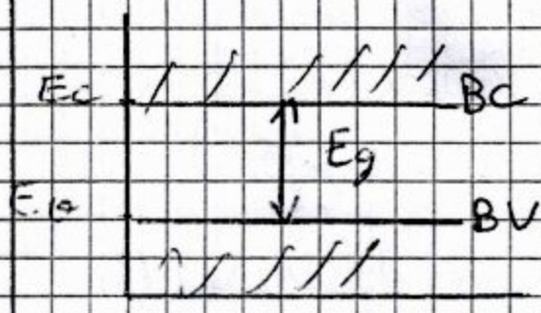
SCI : $n(E) = p(E) = n_i(E)$

① et ② $\Rightarrow n_i^2 = N_v N_c\, e^{(E_v - E_c)/kT}$

$= N^2 e^{(E_v - E_c)/kT}$

$= A T^{3/2} e^{-E_g/kT}$

$$n_i^2 = A T^{3/2} e^{-E_g/kT}$$



$$g_p(E) = \frac{4\pi}{h^3}(2m_p)^{3/2}\sqrt{E - E_v}$$

$n_i(E) = p_i(E)$

$\Rightarrow N_c\, e^{(E_F - E_c)/kT} = N_v\, e^{(E_v - E_F)/kT}$

$\Rightarrow \ln e^{(E_F - E_c)/kT} = \ln e^{(E_v - E_F)/kT}$

$\Rightarrow E_{Fi} - E_c / kT = E_v - E_{Fi} / kT$

$\Rightarrow \boxed{E_{Fi} = \frac{E_v + E_c}{2}}$

Niveau de Fermi ed E_{Fi} est au milieu de la B.I.

SCC de Type N :

$N_D + p = N_A + n$ avec $n \gg p$

$N_A = 0$ donc $N_D = n$

$N_D = N_c\, e^{(E_F - E_c)/kT} = N_D$

$\frac{E_F - E_c}{kT} = \ln \frac{N_D}{N_c}$

$E_F - E_c = kT \ln \frac{N_D}{N_c}$

$E_F = kT\, E_c - kT \ln \frac{N_c}{N_D}$

Ex 2

Eqt de neutralité

$N_D + p = N_A + n$

$\Rightarrow$ SCI $\Rightarrow$ pas de dopage :

$N_D = N_A = 0 \Rightarrow n = p \Rightarrow E_{Fi}$??

ETUSUP .com

SCE de type P

$N_D + P = N_A + n$

SCE de type P donc $P \gg n$ et $N_D = 0$

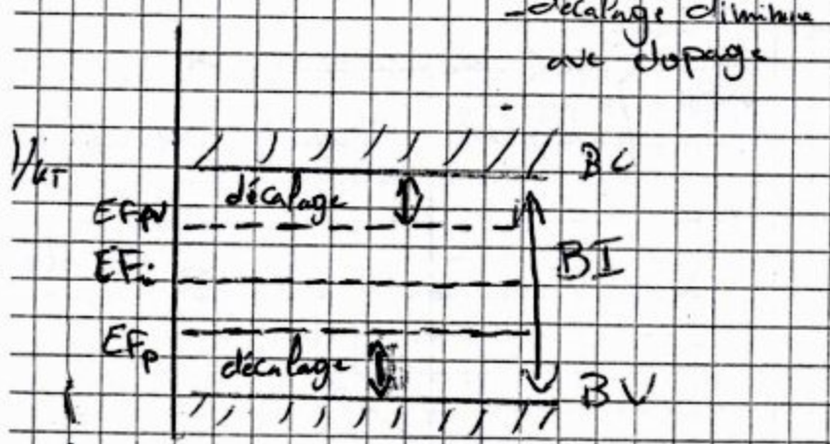
Alors

$$P = N_A = N_v e^{(E_v - E_F)/kT}$$

$$\Rightarrow (E_v - E_F) = kT \ln\left(\frac{N_A}{N_v}\right)$$

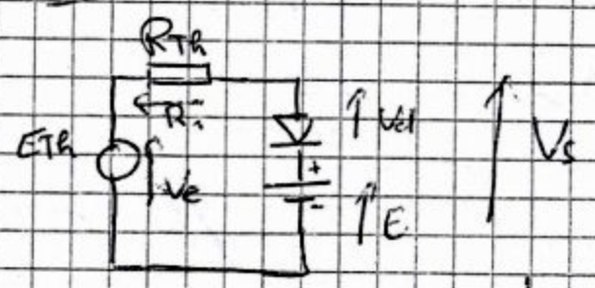
$$\boxed{E_F = E_v + kT \ln \frac{N_v}{N_A}}$$

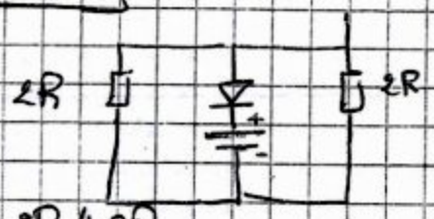
décalage diminue avec dopage



Série 3 :

Ex 1

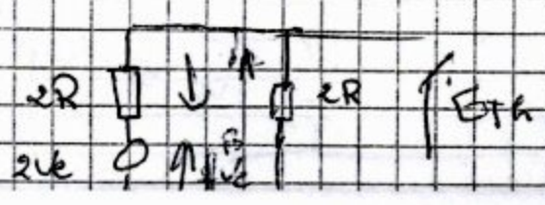




E_{Th} on a $2R // 2R$

$$R_{Th} = \frac{4R^2}{4R} = R \Leftrightarrow \boxed{R_{Th} = R}$$

E_{Th}



on a $E_{Th} = 2Ri$

loi de mailles

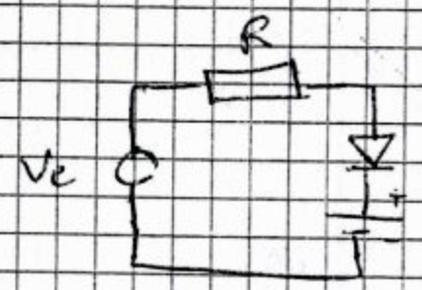
$E_{Th} + 2Ri - 2V_e = 0$

$2Ri + 2Ri - 2V_e = 0$

$4Ri - 2V_e = 0$

$$i = \frac{2V_e}{4R} = \frac{V_e}{2R}$$

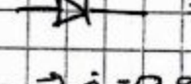
$$E_{Th} = \cancel{2}R \frac{V_e}{\cancel{2}R} \Rightarrow \boxed{E_{Th} = V_e}$$



Eqt de maille :

$$\begin{cases} V_d + E + Ri - V_e = 0 & (1) \\ V_s = E + V_d & (2) \end{cases}$$

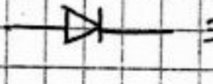
Si $V_e < E$ D est bloqué :



$\Rightarrow i = 0$ et $V_d < 0$

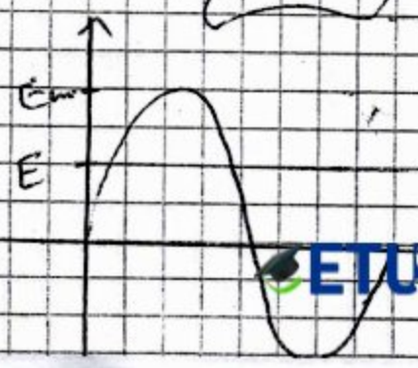
$(1) \Rightarrow V_e = V_d + E = V_s \Rightarrow \boxed{V_s = V_e}$

Si $V_e > E$ D. cdt



$V_d = 0 \Rightarrow (2) \Rightarrow \boxed{V_s = E}$

$i_d > 0$

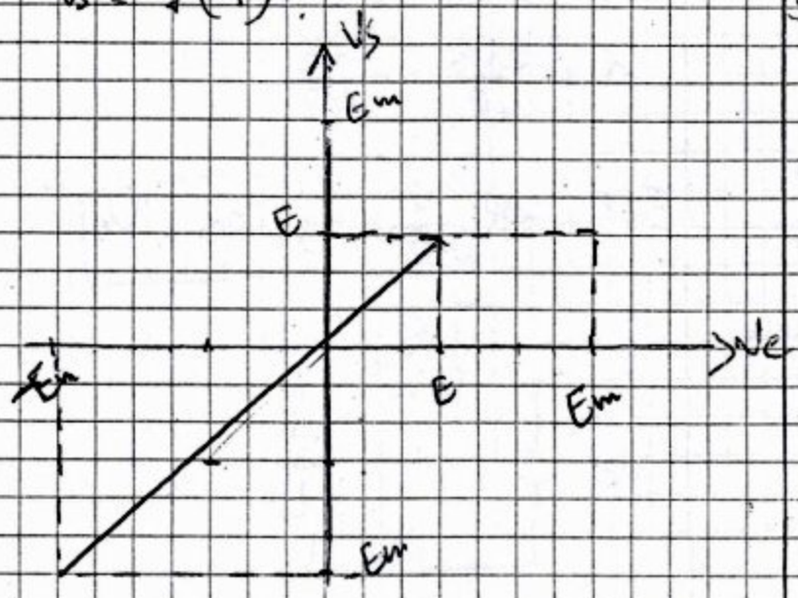


ETUSUP .com

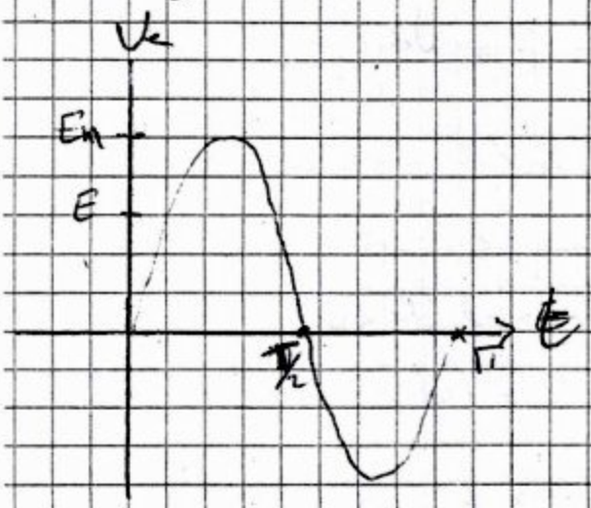
2) • $V_e = E_m \cos \omega t$

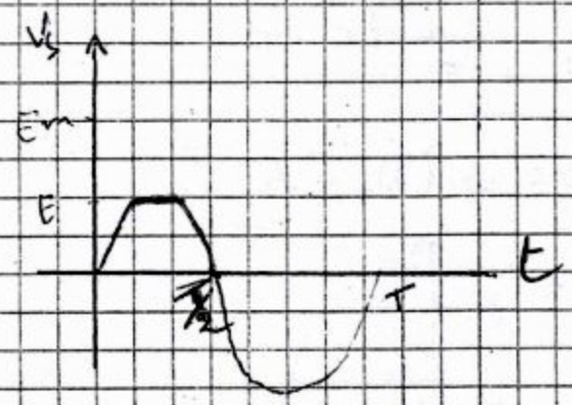
$$\begin{cases} V_s = E & \text{si } V_e > E \\ V_s = V_e & \text{si } V_e < E \end{cases}$$

$V_s = f(t)$?



• $V_e = E_m \sin \omega t$





1) On a $V_s = V_d + E$

2) $V_e = V_s + Ri$

3) $V_e = V_d + E + Ri$

lorsque : $V_d < V_{do} \Rightarrow i = 0$

3) $\Rightarrow V_d = V_e - E$

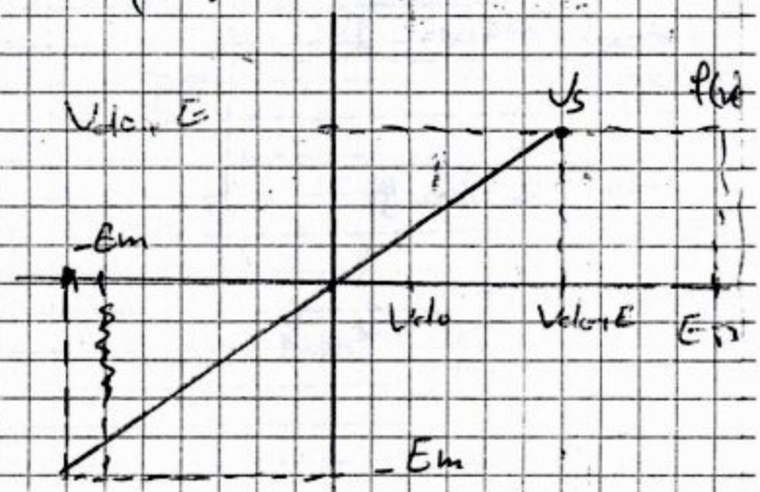
$V_e - E < V_{do} \Rightarrow \boxed{i = 0}$

2) $\Rightarrow V_s = V_e$

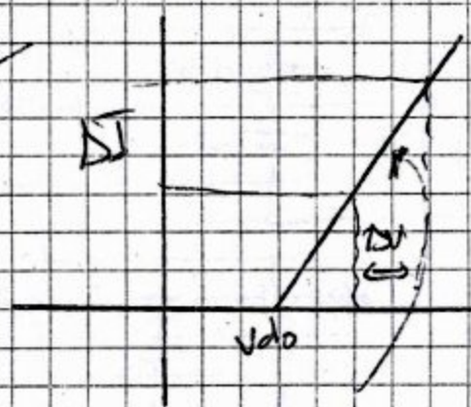
lorsque $V_d > V_{do} \Rightarrow V_d = V_{do}$

$\Rightarrow V_s = V_{do} + E = cte$

donc $\begin{cases} V_e < V_{do} + E \Rightarrow V_s = V_e \\ V_e > V_{do} + E \Rightarrow V_s = V_{do} + E \end{cases}$

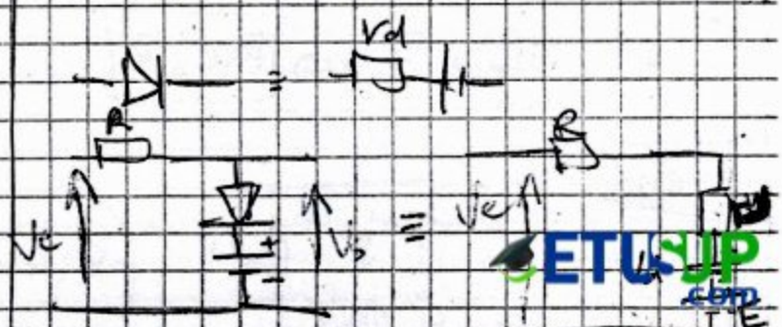


III



$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d}$

Sens passant : $V_d = r_d I_d + V_{do}$



ETUSUP .com

$V_e = (R + r_d) I_d + V_{d_0} + E$ (1)

$V_s = r_d I_d + V_{d_0} + E$ (2)

1) $\Rightarrow I_d = \dfrac{V_e - V_{d_0} - E}{r_d + R}$

2) $\Rightarrow V_s = \dfrac{r_d}{r_d + R}(V_e - V_{d_0} - E) + V_{d_0} + E$

$$V_s = \frac{r_d}{r_d+R} V_e + \left(1 - \frac{r_d}{r_d+R}\right) E + \left(1 - \frac{r_d}{r_d+R}\right) V_{d_0}$$

$$= \frac{r_d}{r_d+R} V_e + \left(1 - \frac{r_d}{r_d+R}\right)(V_{d_0} + E)$$

$$V_s = A V_e + B$$

Avec $\begin{cases} A = \dfrac{r_d}{r_d+R} \\ B = \left(1 - \dfrac{r_d}{r_d+R}\right)(E + V_{d_0}) \end{cases}$

$r_d \ll R$ $\quad A = \dfrac{r_d}{R}$

$$B = \frac{R}{r_d+R}(E + V_{d_0}) = E + V_{d_0}$$

Sans bitique

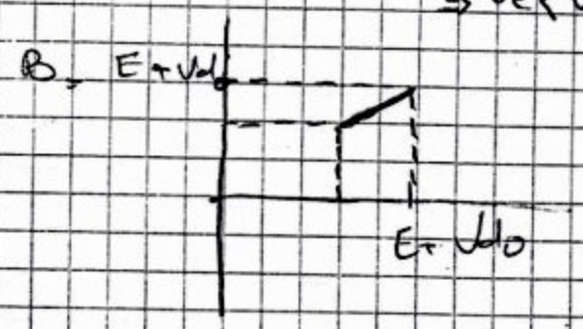
$V_d = 0$ et $V_s = V_e$ avec $V_d < V_{d_0}$

$\Downarrow$

$\boxed{y = x}$

$V_e = V_d + E + R I_d$ et $V_d = V_e - E < V_{d_0}$

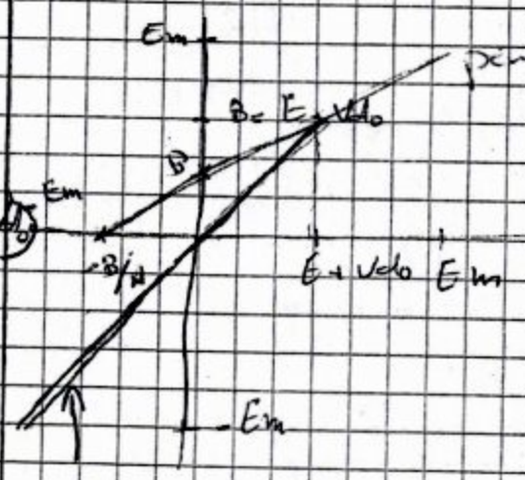
$\Rightarrow V_e < V_{d_0} + E$



$V_s = A V_e + B$

$\boxed{V_{s\,min}}$ $\quad \boxed{V_{s\,max}}$

$-A E_m + B$ $\quad A E_m + E$



pente $A = \dfrac{r_d}{R}$

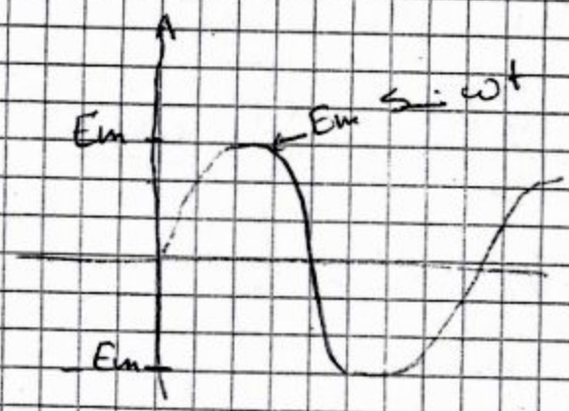
$V_s = V_e$ (pente = 1)

$y = Ax + B$

$x = 0 \Rightarrow y = B$

$y = 0 \Rightarrow \dfrac{-R(E + V_{d_0})}{r_d} = x = -B/A$

$V_s = A E_m \sin \omega t + B$



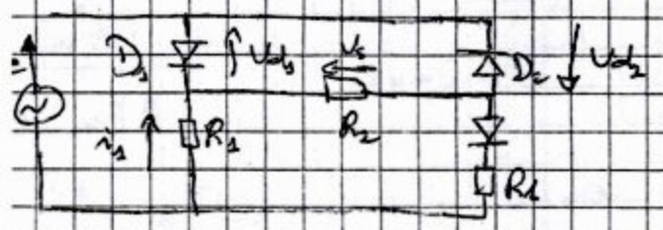
$A = 2$, $V_e = \dfrac{1}{2} E_m \sin \omega t$

➤ lorsque j'ajoute un élément ça décale

$V_e = E_m \sin \omega t + 1$

ETUSUP .com

Ex 2

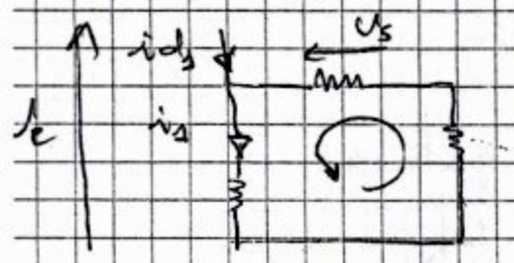


on cherche $v_s = f(v_e)$??

$v_e > 0$ D_1 cdt et D_2 bloq

$\Downarrow$

circuit ouvert



$$\left.\begin{aligned} v_s &= R_2 i_s \\ i_2 &= i_s \end{aligned}\right\}$$

$v_e = R_1 i_1$ (1)

$R_1 i_1 = (R_1 + R_2) i_1$

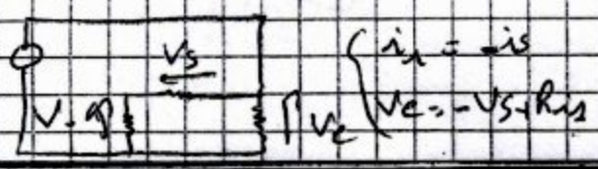
$i_1 = \frac{(R_1+R_2)}{R_1} i_s = \frac{v_s}{R_2}$ (2)

$$\begin{cases} v_e = v_s + R_1 i_s \\ v_s = R_2 i_s \end{cases}$$

$\Rightarrow v_e = v_s + R_1 \frac{v_s}{R_2}$

$\Rightarrow v_s = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$

$v_e < 0$ D_1 bloq, D_2 cdt

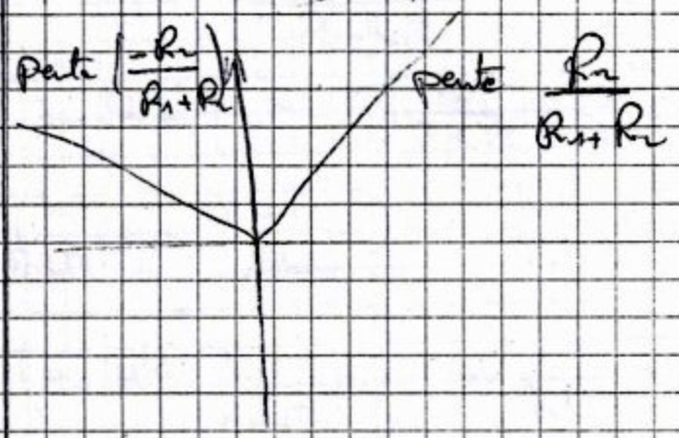


$$\begin{cases} i_1 = -i_s \\ v_e = -v_s + R_1 i_1 \end{cases}$$

$v_e = -v_s - R_1 i_s$

$= -v_s - R_1 \frac{v_s}{R_2}$

$$v_s = \frac{-R}{R_1 + R_2} v_e$$



ETUSUP .com

ETUSUP.com

Programmation
Cours
Informatique
Optique
Chimie
Algébre
Corrigés
Mathématiques
Travaux Pratiques
Electricité
Physique
Résumés
Analyse
Diapo
Exercices
Livres
Contrôles Continus
Langues
MTU
Mécanique
Thermodynamique
Divers
Multimedia
Economie
Travaux Dirigés
Droit
Chimie Organique

et encore plus..